

Wydział Elektryczny

Zachodniopomorski Uniwersytet

Technologiczny w Szczecinie

Ocena osiągnięć naukowych dr. inż. Roberta Hanusa w postępowaniu habilitacyjnym prowadzonym przez Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej

1. Wstęp

Wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika dotyczy **dr. inż. Roberta Hanusa**.

Temat: **Badania statystyczne metod estymacji czasu opóźnienia elektrycznych sygnałów losowych i ich aplikacje w radioizotopowych pomiarach przepływów dwufazowych.**

Postępowanie przeprowadzone jest na podstawie 12 wybranych artykułów naukowych, których autorem lub współautorem jest Habilitant. Sześć prac jest samodzielnych a sześć współautorskich, przy czym, w czterech publikacjach Habilitant jest pierwszym autorem. W wykazie opublikowanych prac naukowych, załączonym do dokumentacji postępowania habilitacyjnego, przy każdym z artykułów zamieszczony jest udział procentowy oraz wkład merytoryczny Habilitanta. Ponadto, dołączono oświadczenie o współautorstwie prac stanowiących cykl publikacji powiązanych tematycznie.

2. Ocena cyklu artykułów naukowych załączonych do dokumentacji

Przy ocenie uwzględniono chronologiczną kolejność artykułów naukowych.

[12] **Hanus R.**: Statistical error analysis of time delay measurement by using phase of cross-spectral density function. Systems Analysis Modelling Simulation, Vol. 43, 2003, Issue 8, pp. 993-998, (Brak punktacji dla publikacji przed 2007r; w 2004r czasopismo "Systems Analysis

Modelling Simulation” zostało włączone do “International Journal of Systems Science” - obecny IF = 1.579, 30 pkt).

W pracy rozpatruje się pomiar opóźnienia pomiędzy sygnałem $x(t)$ oraz $y(t)$:

$$y(t) = a \cdot x(t - \tau_0) + z(t) \quad (1)$$

gdzie: $x(t)$ – ergodyczny sygnał losowy o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma_x)$;

a - stały współczynnik;

$z(t)$ – stacjonarny, nieskorelowany z sygnałem $x(t)$ szum biały o rozkładzie $N(0, \sigma_z)$;

$\tau_0 = \frac{d}{V}$ - opóźnienie transportowe równe ilorazowi odległości rozmieszczenia

czujników d i prędkości sygnału V .

Wyznaczono błąd statystyczny pomiaru czasu opóźnienia τ_0 na podstawie fazy wzajemnej widmowej gęstości mocy. Błąd ten wyrażający się przez odchylenie standardowe estymatora opóźnienia $\sigma(\hat{\tau}_0)$ opisany jest w pracy zależnością (13), stanowiącą oryginalne osiągnięcie Autora. Przeprowadzono dyskusję wzoru (13) dotyczącą wpływu wartości funkcji koherencji, liczby uśrednień N_d oraz częstotliwości f_0 na wartość odchylenia standardowego $\sigma(\hat{\tau}_0)$.

[11] **Hanus R.**: Porównanie statystycznych błędów estymacji czasu opóźnienia przy zastosowaniu funkcji korelacji wzajemnej i fazy wzajemnej gęstości widmowej mocy.

Przegląd Elektrotechniczny, Rok 84, nr 12/2008, str. 301-303. (10 pkt).

W pracy porównano dwie metody estymacji czasu opóźnienia sygnałów τ_0 :

z wykorzystaniem funkcji korelacji wzajemnej oraz fazy wzajemnej gęstości widmowej mocy. Zasadniczym osiągnięciem pracy jest wyprowadzenie zależności (23) opisującej iloraz odchylenia standardowego opóźnienia wyznaczonego na podstawie funkcji interkorelacji przez odchylenie standardowe opóźnienia obliczonego metodą fazy wzajemnej gęstości widmowej mocy. Wzór (23) umożliwił wykonanie szeregu wykresów ilustrujących wpływ parametrów: SNR - stosunek sygnału do szumu,

iloraz $\frac{N_d}{N}$, gdzie N_d -liczba uśrednień, N -długość sygnału;

$\alpha = \frac{f_0}{B}$ gdzie f_0 - częstotliwość sygnału, B - pasmo sygnału.

Stwierdzono, że dla małych wartości SNR mniejsze wartości odchylenia standardowego uzyskuje się dla funkcji interkorelacji a dla większych SNR , bardziej przydatna jest metoda fazy gęstości widmowej mocy. Autor definiuje Signal-to- Noise Ratio jako $SNR = \frac{\sigma_x}{\sigma_z}$, podczas gdy, w literaturze parametr ten opisany jest jako stosunek mocy sygnałów

$SNR = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_z^2}$. Brakuje podkreślenia, że zastosowano odmienną definicję SNR .

[10] **Hanus R.:** Zastosowanie transformaty Hilberta w korelacyjnych pomiarach opóźnień czasowych. Przegląd Elektrotechniczny, Rok 85, nr 7/2009, str. 45-48. (IF = 0,196; 6 pkt)

W pracy rozpatrzono estymację opóźnienia sygnału z wykorzystaniem funkcji korelacji wzajemnej, gdy jeden z sygnałów zostaje zastąpiony jego transformatą Hilberta.

W odróżnieniu od klasycznej wersji, gdzie dla $\tau = \tau_0$ występuje maksimum funkcji interkorelacji, w przypadku transformaty Hilberta funkcja korelacji wzajemnej zmienia znak, przechodząc przez zero. W pracy wyznaczono wzory (32), (33) oraz (34) określające stosunek odchylenia standardowego opóźnienia wyznaczonego na podstawie funkcji interkorelacji korzystającej z transformaty Hilberta do odchylenia standardowego opóźnienia obliczonego klasyczną metodą funkcji interkorelacji. Metoda bazująca na transformacie Hilberta prowadzi do mniejszych wartości błędu dla dużych wartości SNR - definicja SNR jak w pracy [11].

[9] **Hanus R.:** Porównanie niepewności standardowych estymacji czasu opóźnienia przy zastosowaniu funkcji korelacji wzajemnej i funkcji warunkowej wartości średniej modułu sygnału opóźnionego. Przegląd Elektrotechniczny, Rok 86, Nr 6/ 2010, str. 232-235. (IF = 0,242; 13 pkt)

W stosunku do poprzednich publikacji ([12],[11],[10]) nowością jest wykorzystanie funkcji warunkowej wartości średniej modułu sygnału opóźnionego do estymacji czasu opóźnienia.

Wyprowadzono wzór (27) wyrażający iloraz odchylenia standardowego opóźnienia

wyznaczonego proponowaną metodą przez odchylenie standardowe opóźnienia
wyznaczonego metodą interkorelacji. Podobnie jak dla wcześniejszych prac, proponowana
metoda wykazuje przewagą nad metodą funkcji interkorelacji dla dużych wartości SNR

[8] Kowalczyk A., **Hanus R.**, Szlachta A.: Investigation of the statistical method of time
delay estimation based on conditional averaging of delayed signal. *Metrology and
Measurement Systems*, Vol. 18 (2011), No. 2, pp. 335-342, DOI: 10.2478/v10178-011-0015-
3. (IF = 0,764; 15 pkt) .Udział habilitanta: 50% .

Artykuł stanowi kontynuację pracy [9]. Zamieszczono wzór (19), który stanowi modyfikację
wzoru (27) z pracy [9] – w miejsce unormowanej korelacji wzajemnej (wzór (27))
wprowadzono SNR (wzór(19)). Zasadnicza różnica polega na wykonaniu symulacji
komputerowych z wykorzystaniem środowiska programowania LabVIEW. W ramach
symulacji porównano wyniki estymacji czasu opóźnienia wyznaczone metodą funkcji
interkorelacji oraz funkcji warunkowej wartości średniej modułu sygnału opóźnionego
a także stosunek błędów obydwu metod. W pracy użyto właściwej definicji SNR jak stosunek
mocy sygnałów.

[7] **Hanus R.**: Badanie właściwości korelacyjnej metody estymacji czasu opóźnienia
wykorzystującej transformatę Hilberta sygnału pomiarowego. *Przegląd Elektrotechniczny*,
Rok 88, Nr 10b/2012, 39-41. (15 pkt).

Praca stanowi kontynuację tematu podjętego w publikacji [10] dotyczącego zastosowania
transformaty Hilberta w korelacyjnych pomiarach opóźnień czasowych. Rozszerzenie
wyników polega na wykonaniu symulacji komputerowych w środowisku programowania
LabVIEW. Parametry sygnałów występujących we wzorze (1) niniejszej recenzji, dobierano
tak, aby uzyskać wyniki jak najbardziej zbliżone do rzeczywistych pomiarów wykonanych
metodą absorpcji promieniowania gamma dla przepływów dwufazowych w rurociągach.

[6] **Hanus R.**, Zych M., Kowalczyk A., Petryka L.: Velocity measurements of the liquid - gas
flow using gamma absorption and modified conditional averaging. *Experimental Fluid*

Mechanics 2014, Český Krumlov 18-21 November 2014, pp. 169-173, oraz publikacja w: The European Physical Journal Web of Conferences 92, 02021 (2015),

DOI:10.1051/epjconf/20159202021. (10 pkt). Udział habilitanta: 45%.

W pracy opisano wyniki zarejestrowane podczas przepływu mieszaniny gaz-ciecz w instalacji zbudowanej w Pracowni Radiometrii Przemysłowej Wydziału Fizyki i Informatyki

Stosowanej AGH w Krakowie. Wykorzystano metodę absorpcji promieni gamma, polegającej na osłabieniu promieniowania przechodzącego przez rurociąg. Dwie sondy scyntylicyjne umieszczone w odległości $L=97$ mm dokonują pomiaru sygnałów $x(t)$ oraz $y(t)$ stanowiących punkt wyjścia do analizy czasu opóźnienia. W pracy wykorzystano metodę funkcji korelacji wzajemnej (oznaczonej jako CCF) oraz metodę funkcji warunkowej wartości średniej modułu sygnału opóźnionego (oznaczonej jako CAAV). Zaproponowano metodę kombinowaną, w której rozpatruje się iloraz estymatora CCF przez estymator CAAV. Metoda ta wykorzystuje fakt, że dla $\tau = \tau_0$ estymator CCF osiąga maksimum a estymator CAAV – minimum.

Stosunek tych estymatorów CCF/CAAV powoduje spotęgowany efekt maksimum. Zależność estymatorów w funkcji czasu τ opisano jako rozkład normalny $N(\tau_0, \sigma)$, tym samym, opóźnienie τ_0 wyznaczano jako moment pierwszego rzędu a odchylenie standardowe opóźnienia jako moment centralny drugiego rzędu. Wykazano, że proponowana metoda CCF/CAAV prowadzi do mniejszych wartości błędu estymacji, niż metoda CCF.

[5] **Hanus R.**, Zych M., Petryka L., Mosorov V., Hanus P.: Application of the phase method in radioisotope measurements of the liquid - solid particles flow in the vertical pipeline.

Experimental Fluid Mechanics 2014, Český Krumlov 18-21 November 2014, pp. 164-168, oraz publikacja w: The European Physical Journal Web of Conferences 92, 02020 (2015),

DOI: 10.1051/epjconf/20159202020. (10 pkt). Udział habilitanta: 45%.

W pracy zamieszczono wyniki pomiarów przeprowadzonych w Laboratorium Wodnym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Instalacja do badania przepływu ciecz-cząsteczki stałe w rurociągu pionowym (wewnętrzna średnica 150 mm) powstała do

modelowania hydrotransportu konkrecji polimetalicznych z dna Pacyfiku. Wykorzystano metodę absorpcji promieni gamma, analogicznie jak w pracy [6], przy czym, sondy scyntylacyjne umieszczone były w odległości $L=90$ mm. W pracy wykorzystano metodę funkcji interkorelacji (CCF) oraz metodę fazy wzajemnej gęstości widmowej mocy (CSDF). W wyniku pomiarów stwierdzono, że metoda CSDF prowadzi do sześciokrotnie mniejszej wartości błędu (odchylenia standardowego $\sigma(\hat{\tau}_0)$).

[4] Zych M., Petryka L., Kępniski J., **Hanus R.**, Bujak T., Puskarczyk E.: Radioisotope investigations of compound two-phase flows in an open channel. *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 35 (2014), pp.11–15, DOI:10.1016/j.flowmeasinst.2013.10.001. (IF = 1,030; 30 pkt). Udział habilitanta: 35%.

W pracy zamieszczono wyniki badań związanych z hydrotransportem zawiesin – mieszanina dwufazowa: woda- ziemia okrzemkowa. Instalacja badawcza została wykonana w Laboratorium Sedymentologicznym Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Składa się ona z kanału otwartego o szerokości 500 mm, którego ścianki wykonano ze szkła umożliwiające obserwację i badanie zjawisk transportu oraz sedymentację zawiesin. Zastosowano dwie niezależne metody pomiarowe: metodę absorpcji promieniowania gamma z korelacyjną analizą sygnałów do wyznaczania prędkości fazy stałej oraz miernika ultradźwiękowego do rejestracji prędkości fazy ciekłej. Podobnie jak w pracy [6], estymator $R_{xy}(\tau)$ opisano w funkcji czasu τ jako rozkład normalny $N(\tau_0, \sigma)$, tym samym, opóźnienie τ_0 wyznaczano jako moment pierwszego rzędu a odchylenie standardowe opóźnienia jako moment centralny drugiego rzędu. Stwierdzono, że prędkość zawiesiny była mniejsza, niż prędkość cieczy. Ponadto, prędkość zawiesiny zależała od wysokości pomiaru- najniższą prędkość odnotowano na dnie kanału.

[3] **Hanus R.**, Zych M., Petryka L., Swisulski D.: Time delay estimation in two-phase flow investigation using the γ -ray attenuation technique. *Mathematical Problems in Engineering*,

Vol. 2014 (2014), Article ID 475735, 10 pages, DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/475735>.
(IF = 1.038, 25 pkt). Udział habilitanta: 40%.

W pracy rozpatrzono pomiar prędkości gazu transportowanego przez ciecz w rurociągu poziomym. Zastosowano metodę absorpcji promieni gamma, przy czym, sondy scyntylicyjne umieszczone były w odległości $L=70$ mm. W pracy wykorzystano metodę funkcji interkorelacji (CCF) oraz metody różnicowe. W pierwszej metodzie (AMDF) wyznacza się sumę wartości bezwzględnych $R_{AMDF}(l) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N |x(n) - y(n+l)|$ oraz sumę kwadratów $R_{ASDF}(l) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N |x(n) - y(n+l)|^2$ (metoda ASDF). Wyznaczenie opóźnienia polega na lokalizacji głównego minimum funkcji błędów. W pracy zaproponowano estymację opóźnienia z wykorzystaniem ilorazu estymatorów CCF/AMDF oraz CCF/ASDF. Najmniejsze wartości błędów estymacji uzyskano dla metody CCF/ASDF. Również metoda CCF/AMDF prowadzi do mniejszych wartości $\sigma(\hat{\tau}_0)$, niż metoda funkcji interkorelacji (CCF).

[2] **Hanus R.**, Zych M, Petryka L.: Velocity measurement of the liquid–solid flow in a vertical pipeline using gamma-ray absorption and weighted cross-correlation. *Flow Measurement and Instrumentation*, Vol. 40 (2014), pp. 58–63, DOI:

10.1016/j.flowmeasinst.2014.08.007. (IF = 1,030; 30 pkt). Udział habilitanta: 50%

W pracy zamieszczono wyniki pomiarów przeprowadzonych w Laboratorium Wodnym Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu- opis instalacji w pracy [5]. W pracy wykorzystano metodę funkcji interkorelacji (CCF) oraz ilorazy estymatorów CCF/AMDF oraz CCF/ASDF, omówione w pracy [3]. Podobnie jak w pracy [3], najmniejsze wartości błędów estymacji uzyskano dla metody CCF/ASDF.

[1] **Hanus R.**: Application of the Hilbert Transform to measurements of liquid-gas flow using gamma ray densitometry. *International Journal of Multiphase Flow*, Vol. 72 (2015), pp. 210–217, DOI: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2015.02.002. (IF = 1,943; 40 pkt)

W pracy opisano wyniki zarejestrowane podczas przepływu mieszaniny gaz-ciecz w instalacji zbudowanej w Pracowni Radiometrii Przemysłowej AGH w Krakowie – opis instalacji w pracy [6]. W pracy rozpatrzono estymację opóźnienia sygnału z wykorzystaniem klasycznej funkcji interkorelacji oraz funkcji korelacji wzajemnej, gdy jeden z sygnałów zostaje zastąpiony jego transformatą Hilberta. W odróżnieniu od klasycznej wersji, gdzie dla $\tau = \tau_0$ występuje maksimum funkcji interkorelacji, w przypadku transformaty Hilberta funkcja korelacji wzajemnej zmienia znak, przechodząc przez zero. W pracy dokonano linearyzacji (regresja liniowa) odcinka funkcji korelacji w pobliżu przejścia przez zero. Umożliwiło to uzyskanie oszacowania późnienia z bardzo dużą dokładnością. W rezultacie, błąd względny opóźnienia uzyskany metodą transformaty Hilberta wyniósł 0,05%, podczas gdy, metoda funkcji interkorelacji prowadzi do błędu 3,1%.

Weryfikując dane dotyczące poszczególnych publikacji, stwierdziłem drobną niezgodność odnośnie pracy [3]. Mianowicie, Habilitant podał IF=1,038, podczas gdy w 2014r. IF=0,762. Być może chodziło tu o 2013r. kiedy IF=1,082.

Analizując cykl publikacji można zaobserwować prawidłową drogę rozwoju naukowego Habilitanta. Najwcześniejsze prace [12-9] zawierały podstawy teoretyczne dotyczące estymacji czasu opóźnienia transportowego ergodycznych sygnałów losowych.

Następnie, w pracach [8,7,3] badania rozszerzono o symulacje statystycznych metod estymacji czasu opóźnienia transportowego z wykorzystaniem autorskiego oprogramowania zrealizowanego w graficznych środowiskach programowania LabVIEW i DASyLab.

Ostatnim etapem, stanowiącym zwieńczenie dwóch poprzednich, są aplikacje statystycznych metod analizy sygnałów stochastycznych w elektrycznych radioizotopowych pomiarach parametrów przepływów dwufazowych ciecz-gaz i ciecz-cząsteczki stałe w rurociągach oraz kanałach otwartych – prace [6,5,4,2,1]. W ramach tego etapu Habilitant wdraża wcześniej

opracowane metody a także rozwija je, proponując nowe rozwiązania o dobrych właściwościach metrologicznych.

Na cykl publikacji składa się sześć pozycji samodzielnych oraz sześć artykułów zespołowych, gdzie średni udział Habilitanta wynosi 44,2%, co należy uznać za wynik zadowalający.

Należy podkreślić, że wszystkie artykuły są spójne tematycznie.

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowany cykl publikacji stanowi znaczący wkład w rozwój statystycznych metod estymacji czasu opóźnienia elektrycznych sygnałów losowych i ich aplikacji w radioizotopowych pomiarach przepływów dwufazowych.

Uwzględniając bardzo wysoki poziom stosowanych metod matematycznych a zarazem duże znaczenie dla praktyki inżynierskiej, w mojej opinii, cykl dwunastu artykułów załączonych do dokumentacji stanowi wybitne osiągnięcie naukowe.

3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

Przy ocenie zastosowano kryteria ujęte w Rozporządzeniu MNiSW z dnia 01.09.2011 roku.

Dorobek naukowy Habilitanta wyraża się liczbą 125 prac naukowych, z czego 104 przypada na okres po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Łącznie 54 artykuły zostały opublikowane w recenzowanych czasopismach zagranicznych i krajowych (z czego 13 w czasopismach indeksowanych w bazie Journal Citation Reports), dla których sumaryczny IF wynosi 7,46 a liczba punktów MNiSW jest równa 474. Zgodnie z Web of Science, Habilitant podaje liczbę cytowań 69 oraz indeks Hirscha 6. Gdyby od liczby cytowań ogółem odjąć liczbę autocytowań, to idndeks Hirscha przyjąłby mniejszą wartość, ale w moim przekonaniu, byłby wystarczająco duży.

Inne osiągnięcia:

-kierowanie międzynarodowymi i krajowymi projektami badawczymi oraz udział w takich projektach -4,

-krajowe nagrody i wyróżnienia za działalność naukową –6,

-aktywny udział w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych wyrażający się liczbą 17 pozycji przed uzyskaniem stopnia doktora oraz 50 pozycji po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, zamieszczonych w materiałach konferencyjnych.

4. Ocena dorobku dydaktycznego, popularyzatorskiego oraz współpracy naukowej

Przy ocenie zastosowano kryteria ujęte w Rozporządzeniu MNiSW z dnia 01.09.2011 roku.

Dr inż. Robert Hanus rozwija międzynarodową współpracę naukową z Politechniką Lwowską oraz Instytutem Hydrodynamiki Czeskiej Akademii Nauk.

Od 1997 roku pełni funkcję sekretarza naukowego cyklicznej konferencji „Międzynarodowe Seminarium Metrologów”. Brał udział w redakcji naukowej 13 edycji tomów materiałów konferencyjnych oraz opracowywaniu 6 publikacji pokonferencyjnych MSM do czasopisma PAK oraz Przeglądu Elektrotechnicznego. Ponadto brał aktywny udział pracach komitetów programowych i organizacyjnych innych konferencji - łącznie 21.

Habilitant recenzował artykuły w renomowanych czasopismach naukowych: IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Digital Signal Processing (Elsevier), Przegląd Elektrotechniczny, PAK – łącznie 10 recenzji.

W latach 2007-2010 Habilitant był członkiem Sekcji Aparatury i Systemów Pomiarowych Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk.

W zakresie dorobku dydaktycznego oraz organizacyjnego należy wymienić:

- prowadzenie zajęć dydaktycznych (wykłady, laboratoria, projekty) na trzech kierunkach studiów realizowanych na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej,
- autor lub współautor kilkunastu pozycji dydaktycznych: skryptu (1), materiałów pomocniczych (1) oraz innych publikacji dydaktycznych (8),
- promotor 90 prac magisterskich i inżynierskich,
- opiekun praktyki studenckiej w Niemczech realizowanej w ramach wymiany międzynarodowej,

- opiekun dydaktyczny i organizacyjny „Laboratorium technik komputerowych i cyfrowego przetwarzania sygnałów” w Katedrze Metrologii i Systemów Diagnostycznych,
- członek Komisji Rekrutacyjnej na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej,
- nagroda indywidualna oraz zespołowa JM Rektora Politechniki Rzeszowskiej za działalność dydaktyczną i organizacyjną.

WNIOSKI KOŃCOWE

Podsumowując wszystkie powyżej przedstawione elementy, stwierdzam, że Habilitant jest autorem dzieła naukowego w postaci cyklu dwunastu prac załączonych do dokumentacji, posiada dodatkowo dorobek naukowy na tyle obszerny, aby udokumentować dojrzałość aparatu naukowego. Ma także inne wartościowe osiągnięcia, takie jak, naukowa współpraca międzynarodowa, opracowanie recenzji dla renomowanych czasopism, udział w organizacji konferencji naukowych a także dorobek w działalności dydaktyczno-organizacyjnej.

Stwierdzam, że dorobek naukowy dr. inż. Roberta Hanusa spełnia wymogi Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym i jest wystarczający do nadania mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie elektrotechnika.



Wpływ 11.01.2016
kl